

KARAKTERISTIK BIODIESEL BIJI BINTARO (*Cerbera manghas* L.) DENGAN PROSES MODIFIKASI (*Characteristics of Biodiesel of Bintaro Seed (Cerbera manghas L.) by Modification Process*)

Djeni Hendra, Santiyo Wibowo, Novitri Hastuti, & Heru S. Wibisono

Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan
Jl. Gunung Batu No. 5 Bogor 16610, Telp (0251) 8633378, Fax (0251) 86333413
e-mail : djeni_hendra@yahoo.co.id

Diterima 23 Januari 2015, Direvisi 1 Juni 2015, Disetujui 16 Juni 2015

ABSTRACT

Biodiesel is a diesel fuel made from vegetable oils extracted from various forest plants. This paper studies the characteristics of biodiesel made from Bintaro's seed (Cerbera manghas L.) by modified process. The modification process includes pretreatment and degumming processes. In the pretreatment process, modification includes raw material's treatment such as steaming, washing, drying and compressing. Degumming modification process includes addition of phosphoric acid catalyst, then bentonite; esterification by methanol acid catalyst and followed by addition of zeolite; the transesterification process by methanol bases catalyst. Results show that physico-chemical properties of biodiesel made from Bintaro's seeds including acid value, density, iod number, viscosity and ester-alkyl content met to Indonesian National Standard (SNI) on Biodiesel.

Keywords: Biodiesel, bintaro seed, modified process, pre-treatment, degumming

ABSTRAK

Biodiesel merupakan bahan bakar alternatif yang diperoleh dari ekstraksi bagian tanaman. Tulisan ini mempelajari karakteristik biodiesel yang dibuat dari biji bintaro (*Cerbera manghas* L.) dengan proses yang dimodifikasi. Modifikasi proses meliputi perlakuan awal (*pre-treatment*) dan proses *degumming*. Perlakuan awal meliputi pengukusan, pencucian, pengeringan, dan pengempaan. Modifikasi proses *degumming* berupa penambahan katalis asam fosfat, kemudian bentonit; proses esterifikasi dengan katalis metanol asam yang dilanjutkan dengan penambahan zeolit; proses transesterifikasi dengan katalis metanol basa. Hasil penelitian menunjukkan sifat fisiko-kimia biodiesel dari biji bintaro berupa bilangan asam, berat jenis, bilangan iod, kekentalan, dan kadar alkil ester telah sesuai dengan Standar Nasional Indonesia tentang kualitas biodiesel.

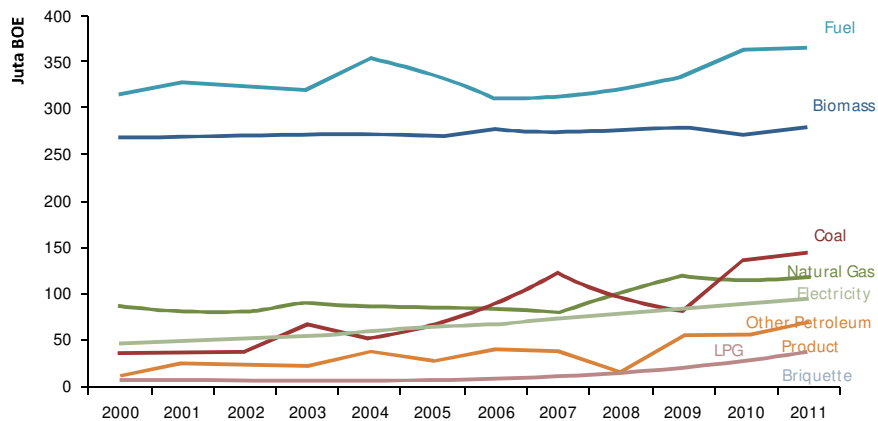
Kata kunci: Biodiesel, biji bintaro, modifikasi proses, perlakuan awal, degumming

I. PENDAHULUAN

Bahan bakar minyak (BBM) merupakan bahan energi yang paling banyak dikonsumsi. Data Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) menunjukkan bahwa konsumsi BBM Indonesia pada tahun 2011 mencapai 365 juta SBM (Setara Barrel Minyak) atau setara dengan

32,7% (dengan biomassa) dan 43,6% (tanpa biomassa) dari total konsumsi energi final seluruhnya (Pusdatin ESDM, 2012).

Permasalahan pemakaian BBM yang berasal dari minyak bumi adalah karena sifatnya yang tidak dapat dipulihkan (*non renewable*). Oleh karena itu perlu disubstitusi oleh bahan bakar yang dapat dipulihkan antara lain yang berasal dari



Gambar 1. Konsumsi energi final per jenis energi 2000-2010
Figure 1. Final consumption of energy per type of energy 2000-2010
 (Sumber: Pusdatin ESDM, 2012)

tanaman pertanian atau kehutanan yang dikenal dengan minyak nabati. Penggunaan minyak nabati sebagai bahan bakar langsung masih menemui beberapa kendala seperti nilai viskositas yang besar dan menyebabkan proses pembakaran tidak sempurna, nilai bilangan asam yang tinggi dan berpengaruh terhadap mesin, serta residu karbon yang ditinggalkan pada mesin injektor. Berbagai kendala yang masih ditemui dalam pemanfaatan minyak nabati sebagai bahan bakar tidak menghalangi penyempurnaan pada proses pembuatannya. Penyempurnaan atau modifikasi dilakukan dengan penambahan zat kimia tertentu untuk menurunkan bilangan asam, atau dengan pengenceran minyak dengan pelarut, emulsifikasi atau pirolisis untuk menurunkan viskositas. Pembuatan biodiesel umumnya menggunakan katalis asam cair seperti HCl, H₂SO₄ atau H₃PO₄.

Hasil penelitian Sudradjat, Hendra, dan Setiawan (2012) menunjukkan karakteristik minyak biodiesel bintaro yang menggunakan H₃PO₄ 16% dan 32% pada proses *degumming* telah menghasilkan biodiesel dengan bilangan asam yang memenuhi SNI 04-7182-2006 yakni masing-masing sebesar 0,76 mg basa/g dan 0,56 mg basa/g. Penggunaan asam fosfat pada proses *degumming* yang berada di atas angka 10% dirasa belum efisien karena konsentrasinya relatif masih tinggi. Penggunaan asam yang tinggi juga tidak ekonomis dan memerlukan proses pencucian yang lebih lama. Untuk itu perlu modifikasi pada

proses pembuatan biodiesel untuk meminimalisir penggunaan asam namun mampu menghasilkan biodiesel yang berbilangan asam rendah dan sesuai dengan persyaratan standar biodiesel Indonesia (BSN, 2006).

Tulisan ini mempelajari pembuatan biodiesel biji bintaro menggunakan modifikasi proses dengan penambahan bentonit saat *degumming* dan zeolit saat esterifikasi. Penambahan bentonit dan zeolit (katalis padat) diharapkan dapat membantu penurunan bilangan asam dari minyak (*crude*) biji bintaro. Modifikasi dengan penambahan bentonit dan zeolit ini diharapkan menghasilkan biodiesel dengan nilai bilangan asam rendah dan mengurangi pemakaian asam fosfat (konsentrasi kurang dari 5%). Penambahan bentonit saat *degumming* dan zeolit saat esterifikasi dalam proses pembuatan biodiesel biji bintaro ini diharapkan dapat membantu menurunkan bilangan asam biodiesel karena sifatnya yang basa, sehingga biodiesel bintaro yang dihasilkan memiliki nilai bilangan asam yang memenuhi standar biodiesel Indonesia.

II. BAHAN DAN METODE

A. Lokasi Penelitian

Penelitian pembuatan biodiesel dari biji bintaro (*Cerbera manghas* L.) dilakukan di Laboratorium Pengolahan Kimia dan Energi Hasil Hutan, Pusat Litbang Hasil Hutan, Bogor.

B. Bahan dan Peralatan

Bahan baku yang digunakan dalam penelitian ini adalah biji buah bintaro yang diperoleh dari daerah Jawa Barat dan Jawa Tengah. Bahan kimia yang digunakan antara lain metanol teknis, etanol pa, asam klorida teknis, air suling, asam asetat, natrium tio sulfat, kalium yodida, natrium hidroksida, kalium hidroksida, phenol phtaelin (PP) dan lain-lain. Peralatan yang digunakan antara lain mesin pengepres biji sistem semi kontinyu dan pres hidrolik manual, alat destilasi, kompor listrik, pengaduk (stirer), desikator, penangas air, labu ukur, pH meter, piknometer, erlenmeyer asah, timbangan kasar, neraca sartorius, oven, pendingin tegak, pipet, corong pemisah, dan *viscometer*.

C. Prosedur Kerja

1. Ekstraksi minyak

Ekstraksi biji bintaro dilakukan dengan proses sebagai berikut: biji yang telah dikupas, dikukus, dikeringkan, dan digiling halus kemudian dipres menggunakan mesin kempa hidrolik (manual) kapasitas 8 kg untuk bahan baku diatas 10 kg menggunakan mesin pres sistem ekstruder semi kontinyu dengan kapasitas 50 kg/jam.

2. Perlakuan *degumming*

Perlakuan *degumming* pertama yaitu mereaksikan minyak mentah (*crude oil*) dengan larutan H_3PO_4 pada konsentrasi 0,5%, 1% dan 1,% (v/v), dipanaskan pada suhu antara 60-70°C selama 30 menit sambil diaduk, dilanjutkan perlakuan *degumming* kedua yaitu minyak bersih (*refined oil*) ditambahkan dengan bentonit 1% ;1,5% dan 2%.

3. Proses esterifikasi

Proses esterifikasi menggunakan campuran metanol teknis dengan katalis HCl. Proses esterifikasi kali ini menggunakan katalis dari campuran metanol teknis dengan HCl. Jumlah metanol yang ditambahkan pada saat proses esterifikasi yaitu 10%, 15%, dan 20% yang dicampur dengan 1% HCl. Campuran metanol dan HCl lalu dimasukkan ke dalam erlenmeyer leher tiga kapasitas 2000 ml yang berisi minyak. Erlenmeyer leher tiga dilengkapi dengan kondensor untuk mengkondensasi uap metanol agar masuk kembali ke dalam erlenmeyer, sehingga minyak dengan katalis metanol asam akan bereaksi dengan sempurna. Campuran

direaksikan pada suhu 60°C selama 1 jam. Campuran dipisahkan, kemudian ditambahkan zeolit dengan konsentrasi 0,5% ; 1% dan 1,5%. Selanjutnya campuran tersebut dimasukkan ke dalam wadah sentrifugal dan diputar selama 5 menit dengan kecepatan 800 rpm, dan selanjutnya minyak dipisahkan dari endapannya.

4. Proses transesterifikasi

Proses transesterifikasi digunakan campuran metanol teknis dengan katalis KOH dimasukan ke dalam erlenmeyer leher tiga kapasitas 2000 ml yang berisi minyak dengan waktu reaksi selama 30 menit pada suhu 60°C. Jumlah katalis metanol teknis yang ditambahkan pada saat transesterifikasi dihitung berdasarkan nisbah molar 10%, 15% dan 20% (v/v) terhadap volume minyak dan ditambahkan katalis basa (KOH) dengan konsentrasi 0,2%; 0,4%, dan 0,6%. Reaksi transesterifikasi berlangsung selama 30 menit pada suhu 60°C.

Setelah reaksi transesterifikasi selesai, biodiesel yang terbentuk dimasukkan ke dalam wadah sentrifugal dan selanjutnya diputar selama 5 menit dengan kecepatan 800 rpm.

5. Pencucian dan pemurnian minyak biodiesel

Minyak biodiesel dicuci menggunakan larutan asam asetat 0,5% (jika larutan terlalu basa), dilanjutkan pencucian dengan menggunakan air hangat sebanyak 30% dari minyak biodiesel (metil ester). Pemurnian minyak dilakukan dengan cara memanaskan minyak pada 110°C sambil diaduk sampai kadar air dalam minyak memenuhi persyaratan standar biodiesel SNI 04-7182-2006 yaitu maksimum sebesar 0,05%. Minyak biodiesel dimurnikan dengan cara dipanaskan sampai penampakan minyak jernih dan tidak ada busa diatas permukaan minyak.

6. Analisis sifat fisiko-kimia biodiesel

Analisis meliputi sifat fisiko-kimia biodiesel sesuai standar SNI 04-7182-2006 antara lain: kadar air dan sedimen, viskositas, densitas, abu tersulfatkan, bilangan iod, bilangan penyabunan, bilangan asam, gliserol bebas, titik nyala, bilangan setana, dan rendemen biodiesel.

D. Analisis Data

Analisis data dilakukan secara deskriptif yaitu membandingkan hasil dengan standar dari SNI 04-7182-2006 tentang biodiesel.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Ekstraksi Minyak

1. Rendemen

Rendemen minyak mentah biji bintaro yang dihasilkan dengan pengepresan sistem hidrolik manual sebesar 38,78% dengan penampakan fisik minyak berwarna kuning agak gelap. Hal ini menunjukkan bahwa masih banyaknya kandungan *gum* (getah) atau lendir yang terdiri dari fosfatida, protein, karbohidrat dan resin yang terkandung dalam minyak mentah (*crude oil*). Hasil penelitian Sudradjat et al. (2012) menunjukkan rendemen minyak bintaro berkisar antara 36-41% dengan 2 kali pengempaan. Rendemen minyak bintaro ini relatif lebih tinggi dibandingkan dengan rendemen minyak jarak pagar (*Jathropa curas*) yang berkisar 29-48% dengan 3 kali pengempaan (Sudradjat, Marsubowo, & Yuniarti, 2009).

a. Sifat Fisiko Kimia Minyak Mentah Bintaro.

Berdasarkan Tabel 1, sifat fisiko kimia minyak mentah bintaro belum seluruhnya telah memenuhi standar Indonesia. Hal ini dapat dilihat dari nilai bilangan asamnya yang masih tinggi yaitu sebesar 6,33 mg basa/g. Kadar air dan sedimen serta viskositas kinetik minyak mentah bintaro belum memenuhi SNI 04-7182-2006 tentang biodiesel (BSN, 2006).

Bilangan asam minyak mentah bintaro masih jauh lebih tinggi dibandingkan biodiesel minyak kepuh (*Sterculia foetida*) sebesar 3,15 mg basa/g, namun lebih rendah dibandingkan dengan bilangan asam minyak murni kemiri sunan (*Aleurites trisperma*) sebesar 13,26 mg basa/g dan minyak jarak pagar (*Jathropa curas* L.) sebesar 88,3 mg basa/g. (Sudradjat et al., 2010; Hendra, 2014; Sudradjat, et al., 2009). Untuk itu minyak mentah bintaro memerlukan beberapa perlakuan untuk menurunkan nilai bilangan asamnya.

Viskositas kinematik minyak mentah bintaro masih belum memenuhi standar biodiesel Indonesia. Viskositas merupakan kunci penting parameter biodiesel. Viskositas yang tinggi akan menyebabkan masalah pada performa mesin dan menyisakan deposit karbon yang tinggi pada mesin. Peningkatan viskositas berhubungan dengan semakin panjangnya rantai asam lemak tak jenuh (*Unsaturated Fatty Acid/UFA*) sedangkan penurunan viskositas seiring dengan banyaknya jumlah ikatan rangkap pada rantai asam lemak tak jenuh. Biodiesel dengan kandungan *Poli-Unsaturated Fatty Acid (PUFA)*, asam lemak tak jenuh lebih dari 1) yang tinggi akan memiliki nilai viskositas yang lebih tinggi (Almeida, Garcia-Moreno, Guadix, & Guadix, 2015). Viskositas yang rendah juga akan mempermudah aliran bahan bakar dalam pompa mesin injeksi (Suhartanta & Arifin, 2008).

Tabel 1. Karakteristik sifat fisiko kimia minyak mentah Bintaro

Table 1. Characteristics of physico-chemical properties of crude Bintaro

No.	Parameter (Parametre)	Satuan (Unit)	Hasil (Result)	SNI 04-7182-2006
1.	Densitas (Density)	kg/m ³	910	850-890
2.	Viskositas kinematik pada 40°C (Kinematic viscosity at 40°C)	mm ² /s (cSt)	6,63	2,3 - 6,0
3.	Kadar air dan sedimen (Water content and sediment)	%	2,48	Maks 0,05
4.	Bilangan Iod (Iod number)	g I ₂ /100 g	74,10	Maks. 115
5.	Kadar abu (Ash content)	%	0,51	-
6.	Bilangan asam (Acid number)	mg basa/g	6,33	Maks.0,80
7.	Rendemen (Yield)	%	38,78	-
8.	Penampakan minyak (Oil performance)	-	Kuning	-

Tabel 2. Komposisi asam lemak dalam minyak mentah Bintaro

Table 2. Fatty acid composition of crude Bintaro

Komponen (Component)	Minyak mentah bintaro (Bintaro crude oil)
Asam Miristat (C14:0)	-
Asam Palmitat (C16:0)	19,68
Asam stearat (C18)	5,33
Asam Oleat (C18:1)	38,13
Asam Linoleat (C18:2)	14,19
Asam Linolenat (C18:3)	0,19
Asam Arachidat (C20)	-
Asam Erukat (C20:1)	-
Asam behenat (C22:0)	-
Asam Lignoserat (C 24)	-

Sumber (Source) : Sudradjat et al. (2012)

Komposisi asam lemak minyak bintaro didominasi oleh kandungan asam lemak seperti asam oleat, asam palmitat, dan asam linoleat (Tabel 2). Asam lemak ini adalah hasil hidrolisis enzim lipase yang ada di dalam biji bintaro. Saat biji terkelupas, enzim akan bersinggungan dengan sel yang mengandung minyak di dalam biji dan terjadi proses hidrolisis. Hidrolisis ini menghasilkan asam lemak dan gliserol (Ketaren, 2005). Komposisi lengkap asam lemak dari minyak mentah bintaro seperti pada Tabel 2.

Kandungan asam lemak yang dominan pada minyak mentah bintaro merupakan asam lemak jenuh berupa asam palmitat sebesar 19,68% dan asam stearat sebesar 5,33%. Asam lemak tak jenuh berupa asam oleat 38,13% dan asam linoleat 14,19%. Kandungan asam palmitat dan asam oleat minyak mentah bintaro lebih tinggi dibandingkan minyak mentah jarak pagar dan nyamplung. Untuk kandungan asam linoleat minyak mentah bintaro lebih rendah dibandingkan jarak pagar dan nyamplung (Sudradjat et al., 2012).

Kandungan asam lemak tak jenuh (oleat dan linoleat) yang tinggi pada minyak bintaro menyebabkan viskositas minyak mentah bintaro juga tinggi yaitu sebesar 6,63 cSt. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian Almeida et al. (2015) yang membuat biodiesel dari limbah minyak ikan, minyak sawit dan limbah minyak goreng. Kandungan PUFA (asam lemak tak jenuh lebih dari 1) limbah minyak ikan sebesar 26,1% menghasilkan nilai viskositas paling tinggi

dibandingkan dengan biodiesel dari minyak sawit yang mengandung PUFA 10% dan biodiesel dari limbah minyak goreng dengan kandungan PUFA 24,3%.

B. Proses Degumming

Proses ini merupakan tahap pemisahan getah dari minyak. *Degumming* dilakukan dengan 2 tahap yaitu *degumming* I dengan penambahan asam fosfat dan *degumming* II dengan penambahan bentonit. Hal ini dilakukan untuk menurunkan nilai FFA di dalam minyak bintaro. Adapun hasil proses *degumming* seperti pada Tabel 3.

Berdasarkan Tabel 3, kadar FFA dan bilangan asam minyak bintaro menurun setelah *degumming* I dan II. Penambahan H_3PO_4 1% menghasilkan minyak dengan bilangan asam terendah yaitu 4,15 mg basa/g. Minyak ini kemudian ditambahkan bentonit 1,5%. Hasil pada Tabel 3 menunjukkan penambahan bentonit mampu menurunkan bilangan asam yang semula 4,15 mg basa/g menjadi 2,28 mg basa/g. Nilai bilangan asam ini lebih rendah dibandingkan dengan nilai bilangan asam hasil *degumming* minyak bintaro tanpa bentonit dengan penambahan H_3PO_4 32% yakni sebesar 4,01 mg basa/g (Sudradjat et al., 2012).

Modifikasi pada *degumming* II dengan penambahan bentonit mampu membantu penyerapan asam yang digunakan saat *degumming* I dan asam yang terkandung di dalam minyak. Hal ini dikarenakan bentonit merupakan material penyerap dengan beberapa keunggulan. Bentonit yang digolongkan ke dalam mineral lempung

Tabel 3. Nilai FFA Minyak Bintaro pada Proses Degumming I dan II
Table 3. Rate of FFA of Bintaro's oil on Degumming I and II

H ₃ PO ₄	Bilangan asam degumming I (mg basa/g) (<i>Acid number of degumming I</i>) (mg bases/ g)	Bentonit (Bentonite) (%)	Bilangan asam degumming II (mg basa/g) (<i>Acid number of degumming II</i>) (mg bases/ g)	% Asam Lemak Bebas (% FFA)
0,50%	5,32	1,00	3,49	1,74
1,00%	4,15	1,50	2,28	1,14
1,5%	4,60	2,00	3,45	1,72

Keterangan (Remarks) : FFA : Free Fatty Acid

dapat digunakan sebagai katalis dalam pembuatan biodiesel. Penggunaan bentonit sebagai katalis ini disebabkan sifat bentonit yang stabil terhadap panas, memiliki luas permukaan yang tinggi, serta kemampuan pertukaran ionnya. Kation antar lapisan dari bentonit dapat ditukar dengan berbagai jenis kation organik (Aghabarari & Dorostkar, 2014). Mineral lempung kationik diketahui memiliki sifat adsorben yang baik dan dapat digunakan untuk menyerap senyawa organik di dalam air (Wu et al., 2001 dalam Jeenpadipat & Tungasmita, 2013). Kadar FFA pada penambahan H₃PO₄ 1% dan bentonit 1,5% menunjukkan kadar FFA terendah dibandingkan perlakuan lainnya yaitu sebesar 1,14%.

C. Esterifikasi

Esterifikasi merupakan salah satu tahapan dalam pembuatan biodiesel yang bertujuan untuk menurunkan bilangan asam lemak bebas pada minyak nabati yang digunakan untuk bahan baku pada pembuatan biodiesel.

Esterifikasi dilakukan pada minyak bintaro yang diketahui memiliki kadar FFA terkecil saat proses *degumming*. Esterifikasi juga dimodifikasi dengan penambahan zeolit sebesar 0,5%; 1% dan 1,5%. Adapun hasil esterifikasi minyak bintaro seperti pada Tabel 4.

Pada proses esterifikasi ini berlangsung reaksi antara metanol dengan asam lemak membentuk senyawa ester dan melepas molekul air. Metanol dipilih sebagai alkohol pereaktan karena sifatnya yang polar dan memiliki struktur atom karbon terpendek dalam golongan alkohol. Penggunaan metanol mampu mempercepat reaksi metanolisis dengan asam lemak (Fangrui Ma et al., 1999 dalam Yuliani, Primasari, Rachmaniah, & Rachimoellah 2014). Penambahan asam kuat seperti HCl dalam konsentrasi yang relatif kecil dapat mempercepat hidrolisis asam lemak (katalis). Penambahan zeolit pada esterifikasi berfungsi sebagai katalis padat untuk menurunkan bilangan asam. Zeolit merupakan mineral aluminosilikat mikro. Zeolit memiliki mikropori yang seragam dengan karakteristik spesifik sehingga dapat digunakan sebagai

Tabel 4. Hasil esterifikasi minyak Bintaro
Table 4. Result of Bintaro's oil esterification

Bilangan asam sebelum esterifikasi (mg basa/g) (<i>Acid number before esterification</i>) (mg bases/ g)	Konsentrasi metanol (Methanol concentration) (%)	Konsentrasi HCl (HCl concentration) (%)	Penambahan zeolit (Zeolite addition) (%)	Bilangan asam setelah esterifikasi (mg basa/g) (<i>Acid number after esterification</i>) (mg bases/ g)
2,28	10	1	0,50%	1,55
2,28	15	1	1,00%	1,46
2,28	20	1	1,50%	1,24

katalis selektif dan adsorben (Yuan-Wang, Jong-Lee, & Hung Chen, 2014a). HCl sebagai katalis cair akan teradsorb pada zeolit sebagai katalis padat. Mekanisme ini tentu saja mampu mempercepat reaksi dan menurunkan bilangan asam karena HCl sebagai katalis dan asam pada minyak akan terserap oleh zeolit sebagai adsorben. Efektifitas penggunaan zeolit sebagai katalis padat dipengaruhi oleh kristalinitas zeolit dan pH (Yuan-Wang, Ho-Wang, Lung-Chuang, Hung-Chen, & Jong-Lee, 2014b). Pemanfaatan zeolit dalam proses yang menggunakan katalis memberikan beberapa keunggulan yaitu memudahkan proses pemisahan dari produk cair, dapat digunakan ulang sehingga memiliki daya regenerasi yang baik, dan meminimalisir tingkat keracunan dan korosif saat proses berlangsung (Shu, Yang, Yuan, Qing, & 2007).

Proses esterifikasi menghasilkan produk dengan dua lapisan yang sangat berbeda, sehingga mudah dipisahkan. Lapisan atas adalah gliserol dan sisa metanol asam. Lapisan bagian bawah adalah campuran metil ester dan pengotor yang selanjutnya didekantasi (*aging*) minimal 3 jam agar terjadi pengendapan gliserol secara sempurna.

Keberhasilan proses esterifikasi ditentukan oleh beberapa parameter diantaranya adalah penurunan viskositas, densitas dan bilangan asam. Dalam studi kali ini penurunan bilangan asam tertinggi pada minyak yang diberi metanol dan zeolit dalam konsentrasi terbesar, masing-masing sebesar 20% dan 1,5%. Pada kondisi ini penurunan bilangan asam menjadi 1,24 mg basa/g dari kondisi awal 2,28 mg basa/g. Nilai bilangan asam ini lebih rendah dibandingkan nilai bilangan asam minyak bintaro hasil esterifikasi tanpa

penambahan zeolit yaitu sebesar 2,99 mg basa/g (Sudradjat et al., 2012).

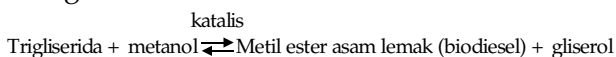
Hasil penelitian Sudradjat et al. (2009) menunjukkan penggunaan zeolit aktivasi dengan konsentrasi 3% (b/b) dari berat minyak pada esterifikasi menghasilkan biodiesel jarak pagar (*Jathropa curcas* L.) dengan nilai bilangan asam rendah. Hal ini menunjukkan penggunaan zeolit sebagai katalis padat dapat membantu penurunan bilangan asam.

D. Transesterifikasi

Minyak bintaro yang ditransesterifikasi selanjutnya adalah minyak hasil esterifikasi. Hasil proses transesterifikasi minyak bintaro seperti pada Tabel 5.

Berdasarkan Tabel 5 di atas, dapat diketahui bahwa penambahan katalis metanol dan KOH pada konsentrasi terbesar yakni 20% untuk metanol dan 0,6% untuk KOH, mampu menurunkan bilangan asam menjadi 0,47 mg basa/g dan menghasilkan rendemen sebesar 79,80%. Bilangan asam minyak bintaro hasil transesterifikasi ini lebih rendah dibandingkan nilai bilangan asam minyak bintaro hasil transesterifikasi tanpa modifikasi proses (tanpa penambahan bentonit dan zeolit) yakni sebesar 0,56 mg basa/g (Sudradjat et al., 2012).

Pada proses transesterifikasi ini lemak dan minyak yang belum terhidrolisis pada proses esterifikasi sebelumnya dihidrolisis oleh penambahan metanol. Reaksi transesterifikasi pada proses pembuatan biodiesel digambarkan sebagai berikut :



Tabel 5. Bilangan asam minyak Bintaro sebelum dan sesudah transesterifikasi

Table 5. Acid number of Bintaro's oil before and after transesterification

Bilangan asam sebelum transesterifikasi (mg basa/g) (<i>Acid value before transesterification</i>) (mg bases/ g)	Konsentrasi metanol (<i>Methanol concentration</i>) (%)	Katalis KOH (<i>KOH catalyst</i>) (%)	Bilangan asam sesudah transesterifikasi (mg basa/g) (<i>Acid value after transesterification</i>) (mg bases/ g)	Rendemen (<i>Yield</i>) (%)
1,24	10	0,2%	0,78	82,50
1,24	15	0,4%	0,72	81,90
1,24	20	0,6%	0,47	79,80

Penambahan KOH sebagai katalis mampu menurunkan nilai bilangan asam minyak bintaro. Penambahan katalis basa mampu menghilangkan permukaan karbonat dan kelompok hidroksil sehingga meningkatkan reaksi transesterifikasi (Zhang, Chen, Yang, & Yan, 2010). Hasil penelitian Sudradjat, Yogie, Hendra, dan Setiawan (2010a) menunjukkan minyak kepuh hasil transesterifikasi menggunakan metanol dan KOH pada rasio 20:1 memiliki bilangan asam sebesar 0,36 mg basa/g.

E. Pemurnian minyak biodiesel

Pemurnian biodiesel dilakukan agar tidak ditemukan bahan pengotor dan air yang dapat menurunkan mutu biodiesel. Rendemen tertinggi dari biodiesel bintaro setelah pemurnian dihasilkan pada proses transesterifikasi yang menggunakan penambahan campuran katalis metanol 10% (v/v) dan KOH 0,2% (b/v) yaitu sebesar 82,50%. Rendemen terendah terdapat pada campuran katalis metanol 20% (v/v) dan KOH 0,6% (b/v) yaitu sebesar 79,80%. Perbedaan rendemen biodiesel ini dipengaruhi oleh faktor katalis, suhu, pencucian dan kandungan minyak dan nilai bilangan asam minyak mentahnya. Minyak biodiesel bintaro yang sudah dimurnikan dianalisis sifat fisiko kimianya. Hasil analisis minyak bintaro hasil pemurnian seperti pada Tabel 6.

Berdasarkan Tabel 6 di atas, diketahui bahwa hampir seluruh aspek fisiko kimia minyak biodiesel bintaro telah memenuhi standar Indonesia tentang biodiesel (BSN, 2006). Kadar air minyak bintaro belum memenuhi persyaratan, namun demikian bilangan asam minyak bintaro setelah proses transesterifikasi dapat turun hingga 0,47 mg basa/g dari nilai bilangan asam minyak mentahnya sebesar 6,33 mg basa/g. Nilai

bilangan asam ini lebih rendah dibandingkan nilai bilangan asam biodiesel bintaro tanpa proses modifikasi proses yaitu sebesar 0,56 mg basa/g (Sudradjat et al., 2012). Bilangan asam yang tinggi menunjukkan kandungan asam lemak di dalam minyak. Kandungan asam yang tinggi dapat menimbulkan sifat korosif pada mesin. Bilangan asam pada minyak mentah penting dianalisis karena walaupun bilangan asam pada biodiesel bintaro sudah rendah, tetapi masih ada kemungkinan terbentuknya asam-asam rantai pendek akibat proses oksidasi hasil dekomposisi senyawa peroksida dan hidroperoksida. Hal ini akan mempengaruhi proses penyimpanan biodiesel dan dapat menurunkan mutu biodiesel.

Densitas menunjukkan nisbah berat persatuan volume dari suatu cairan pada suhu tertentu, hasil penelitian skala laboratorium menunjukkan bahwa nilai densitas minyak biodiesel bintaro tertinggi terdapat pada perlakuan transesterifikasi dengan campuran katalis metanol 20% (v/v) dan KOH 0,6 % (b/v), yaitu sebesar 870 kg/m³. Nilai densitas ini memenuhi standar biodiesel Indonesia. Densitas yang tinggi akan meningkatkan keausan mesin, tingginya emisi, dan dapat merusak komponen mesin yang berhubungan dengan laju alir minyak biodiesel.

Viskositas biodiesel dipengaruhi oleh panjangnya rantai asam lemak dan jumlah ikatan rangkap di dalamnya. Semakin banyak ikatan rangkap pada rantai asam lemak akan menambah viskositas biodiesel yang dihasilkan. Ikatan rangkap pada asam lemak terdapat pada asam lemak tak jenuh (*UFA*). Dengan demikian, kandungan asam lemak tak jenuh yang tinggi memungkinkan nilai viskositas biodiesel semakin tinggi (Almeida et al., 2015). Menurut persyaratan standar biodiesel Indonesia nilai viskositas kinematik yang diperbolehkan adalah 1,9–6,0 mm²/s (cSt) pada suhu 40°C. Viskositas minyak

Tabel 6. Sifat Fisiko Kimia Minyak Bintaro Hasil Pemurnian

Table 6. Pshyco-chemical properties of bintaro oil purified

Pembanding (Comparison)	Bilangan asam (mg basa/g) (<i>Acid value</i>) (mg bases/g)	Densitas (Density) (kg/m ³)	Kadar air (Moist. content) (%)	Bilangan iod (Iod number) (g I ₂ /100g)	Viskositas (Viscosity) (cSt)	Kadar ester alkil (Ester-alkyl content) (mg KOH/g)	Bilangan penyabunan (Saponification) (mg KOH/g)	Bilangan setana (Setana number)
Bintaro	0,47	870	0,22	78,45	3,30	102,45	178,95	59,15
SNI biodiesel (SNI 04-7182- 2006)	Maks. 0,80	850-890	Maks. 0,05	Maks. 115	2,3-6,0	Min. 96,5	-	Min. 51

bintaro hasil pemurnian setelah proses modifikasi sebesar 3,30 cSt telah memenuhi standar biodiesel Indonesia. Nilai viskositas minyak bintaro ini masih lebih tinggi dibandingkan dengan nilai viskositas minyak bintaro tanpa modifikasi yaitu sebesar 2,93 cSt.

Bilangan Iod menunjukkan banyaknya ikatan rangkap dua di dalam asam lemak penyusun biodiesel (Ketaren, 2005). Bilangan iod biodiesel bintaro hasil pemurnian setelah modifikasi proses sebesar 78,45 gr I_2 /100 gr. Nilai ini memenuhi standar biodiesel Indonesia. Bilangan iod biodiesel bintaro ini lebih tinggi dibandingkan dengan bilangan iod biodiesel bintaro tanpa modifikasi proses yaitu sebesar 74,32 gr I_2 /100 gr (Sudradjat et al., 2012).

Mesin diesel dengan bahan bakar biodiesel yang memiliki bilangan Iod lebih besar dari 115 gr I_2 /100 gr akan membentuk deposit di lubang saluran injeksi, cincin piston, dan kanal cincin piston. Keadaan ini disebabkan lemak ikatan rangkap mengalami ketidak-stabilan akibat suhu panas sehingga terjadi reaksi polimerisasi dan terakumulasi dalam bentuk karbonasi atau pembentukan deposit (Pasae, Jalaluddin, Harlim, & Pirman, 2010).

Kadar air minyak bintaro masih perlu diturunkan untuk mencapai persyaratan standar Indonesia. Kadar air dalam minyak biodiesel dapat mempercepat proses reaksi hidrolisis yang akan meningkatkan bilangan asam. Pada suhu rendah, air dapat menyulitkan pemisahan biodiesel murni pada proses *blending*. Kandungan air yang tinggi dalam minyak nabati akan menyebabkan terjadinya hidrolisis yang akan menaikkan kadar asam lemak bebas dalam minyak nabati. Fukuda, Kondo, dan Noda (2001), menyatakan bahwa keberadaan air yang berlebihan dapat menyebabkan sebagian reaksi berubah menjadi reaksi saponifikasi antara asam lemak bebas hasil hidrolisis minyak dengan katalis basa yang akan menghasilkan sabun. Sabun akan mengurangi efisiensi katalis sehingga meningkatkan viskositas, terbentuk gel dan menyulitkan pemisahan gliserol dengan metil ester.

Kadar ester alkil dihitung sebagai selisih antara bilangan asam dan bilangan penyabunan. Meskipun tidak menunjukkan jumlah senyawa ester sebenarnya, tetapi secara teoritis bilangan ini dapat memperkirakan jumlah asam organik yang sebenarnya sebagai ester.

Bilangan setana merupakan parameter kemampuan biodiesel untuk menghasilkan pembakaran dan mencerminkan kemampuan biodiesel untuk menghasilkan pembakaran pada kondisi mesin dingin (Cao & Zang, 2015). Nilai bilangan setana dipengaruhi oleh struktur kimia asam lemak penyusun biodiesel yakni posisi dan konfigurasi ikatan rangkap pada asam lemak. Konfigurasi asam lemak dalam metil ester akan menghasilkan nilai bilangan setana yang berbeda dengan konfigurasi butil ester, isobutil ester ataupun propil ester (Knothe, 2014). Bilangan ini menunjukkan besarnya waktu pengapian dihitung dari mesin injeksi hingga ke mesin pembakaran pada mesin diesel. Bilangan setana biodiesel hasil pemurnian setelah modifikasi proses sebesar 59,15. Nilai ini memenuhi standar biodiesel Indonesia.

IV. KE SIMPULAN DAN SARAN

Sifat fisiko kimia minyak biodiesel bintaro telah memenuhi standar Indonesia (BSN-2006) kecuali untuk kadar air.

Modifikasi proses pembuatan biodiesel bintaro dengan penambahan bentonit 1,5% saat *degumming* dan zeolit 1,5% saat esterifikasi dan proses transesterifikasi disertai penambahan campuran katalis metanol 20% (v/v) dan KOH 0,6 % (b/v) mampu menurunkan bilangan asam minyak bintaro dari 6,33 mg basa/g menjadi 0,47 mg basa/g. Bilangan asam ini memenuhi SNI 04-7182-2006.

DAFTAR PUSTAKA

- Aghabarari, B., & Dorostkar, M. (2014). Modified bentonite as catalyst for esterification of oleic acid and ethanol. *Journal of Taiwan Institute of Chemical Engineers*, (867), 1-6.
- Almeida, V.F., Garcia-Moreno, P.J., Guadix, A., & Guadix, E.M. (2015). Biodiesel production from mixtures of waste fish oil, palm oil and waste frying oil: Optimization of fuel properties. *Fuel Processing Technology*, (133), 152-160.

- Canaki, M & Gerpen, J.V. (2001). Biodiesel from oils and fats with high free fatty acids. *Trans Am Soc Automotive Engine*, 44, 1429-1436
- Cao, L & Zhang, S. (2015). Production and characterization of biodiesel derived from *Hodgsonia macrocarpa* seed oil. *Applied Energy*, (146), 135-140.
- Fukuda, H., Kondo, A., & Noda, H. (2001). Biodiesel fuel production by transesterification of oil. *Journal of Bios and Bioeng*, 92, 405-416.
- Hendra, D. (2014). Pembuatan biodiesel dari biji kemiri sunan. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 32 (1), 37-45.
- Jeenpadiphat, S., & Tungasmita, D.N. (2013). Acid-activated pillar bentonite as a novel catalyst for the esterification of high FFA oil. *Powder Technology*, (237), 634-640.
- Ketaren, S. (2005). *Minyak dan lemak pangan*. Jakarta: UI Press.
- Ketaren, S. (2008). *Pengantar teknologi minyak dan lemak pangan*. Jakarta: UI Press.
- Knothe, G. (2014). A comprehensive evaluation of the cetane numbers of fatty acid methyl esters. *Fuel*, (119), 6-13.
- Krause, R. (2001). Bio and alternative fuels for mobility. *Dalam enhancing biodiesel development and use. Proceedings of the International Biodiesel Workshop*, Tiara Convention Center, Medan. 24 Oktober 2001. Ditjen Perkebunan, Departemen Pertanian. Jakarta.
- Pasae, Y., Jalaluddin, N., Harlim, T., & Pirman. (2010). Pembuatan ester metil dan ester isopropil dari minyak kepong sebagai produk antara aditif biodiesel. *Jurnal Industri Hasil Pertanian*, 5(2), 98-103.
- Pusat Data dan Informasi (PDI) ESDM. (2012). *Kajian supply demand energi*. Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. Jakarta.
- Shu, Q., Yang, B., Yuan, H., Qing, S., & Zhu, G. (2007). Synthesis of biodiesel from soybean oil and methanol catalyzed by zeolite beta modified with La^{3+} . *Catalysis Communications* (8), 2159-2165.
- Sudradjat, R., Marsubowo, A., & Yuniarti, K. (2009). Pengaruh penggunaan zeolit sebagai katalis dalam proses esterifikasi terhadap rendemen dan kualitas biodiesel asal minyak jarak pagar (*Jatropha curcas* L.). *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 27 (3), 256-266.
- Sudradjat, R., Yogie, S., Hendra, D., & Setiawan, D. (2010a). Pembuatan biodiesel biji kepong dengan proses transesterifikasi. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 28 (2), 145-155.
- Sudradjat, R., Sahirman, Suryani, A., & Setiawan, D. (2010b). Proses transesterifikasi pada pembuatan biodiesel menggunakan minyak nyamplung (*Calophyllum inophyllum* L.) yang telah dilakukan esterifikasi. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 28(2), 184-198.
- Sudradjat, R., Hendra, D., & Setiawan, D. (2012). Teknologi pengolahan biodiesel dari biji bintaro. *Laporan Hasil Penelitian Tahun 2012*. Bogor: Pusat Litbang Keteknikan Kehutanan dan Pengolahan Hasil Hutan, Bogor.
- Suhartanta & Arifin, Z. (2008). Pemanfaatan minyak jarak pagar sebagai bahan bakar alternatif mesin diesel. *Jurnal Penelitian Saintek*, 13(1), 19-46.
- Standardisasi Nasional Indonesia (SNI). (2006) : *Biodiesel* (SNI 04-7182-2006). Badan Standardisasi Nasional.
- Yuan-Wang, Y., Jong-Lee, D., & Hung-Chen, B. (2014a). Low-Al zeolite beta as heterogeneous catalyst in biodiesel production from microwave-assisted transesterification of triglycerides. *Energy Procedia* (61), 918-921.
- Yuan-Wang, Y., Ho-Wang, H., Lung-Chuang, T., Hung-Chen, B., & Jong-Lee, D. (2014b). Biodiesel produced from catalyzed transesterification of triglycerides using ion-exchanged zeolite beta and MCM-22. *Energy Procedia*, (61), 933-936.
- Yuliani, F., Primasari, M., Rachmaniah, O., & Rachimoallah, M. (2014). Pengaruh katalis asam (H_2SO_4) dan suhu reaksi pada reaksi esterifikasi minyak biji karet (*Hevea brasiliensis*) menjadi biodiesel. Artikel. [t e r h u b u n g b e r k a l a] . <https://www.academia.edu/4788860/Pen>

garuh_Katalis_Asam_H2SO4_dan_Suhu
_Reaksi_pada_Reaksi_Esterifikasi_Minyak
_Biji_Karet_Hevea_brasiliensis_menjadi
Biodiesel_oleh. Diunduh pada 18
Desember 2014.

Zhang, J., Chen, S., Yang, R., Yan, & Y. (2010).
Biodiesel production from vegetable oil
using heterogoneous acid and alkaly
catalyst. *Fuel*, (89), 2939-2944.